

Н. А. Самсонова

Нижегородский государственный архитектурно-строительный
университет, г. Нижний Новгород
steam-elf@yandex.ru

КАПЕЛЬНЫЙ РЕЖИМ КОНДЕНСАЦИИ В ТЕПЛООБМЕННИКАХ КОТЕЛЬНЫХ И ТЭС

В статье рассматривается вопрос необходимости учета различий в назначении теплообменников котельных и ТЭС при разработке технологии гидрофобизации поверхности теплообмена. В работе приведены экономические показатели применения гидрофобных поверхностей в промышленных теплообменниках.

Ключевые слова: гидрофобная поверхность; теплоотдача; теплообменник; конденсация; пар.

N. A. Samsonova

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering,
Nizhny Novgorod

A DROPPING MODE OF CONDENSATION IN HEAT EXCHANGERS AT BOILER PLANTS AND HEAT POWER PLANTS

The article considers question of a taking in account requirement of differences of boiler plant's and heat power plant's heat exchangers destination, when research of hydrophobization technology is developed. In the paper an economical values of application of hydrophobic surfaces in industrial heat exchangers is considered.

Key words: hydrophobic surface; heat transfer; heat exchanger; condensation; steam.

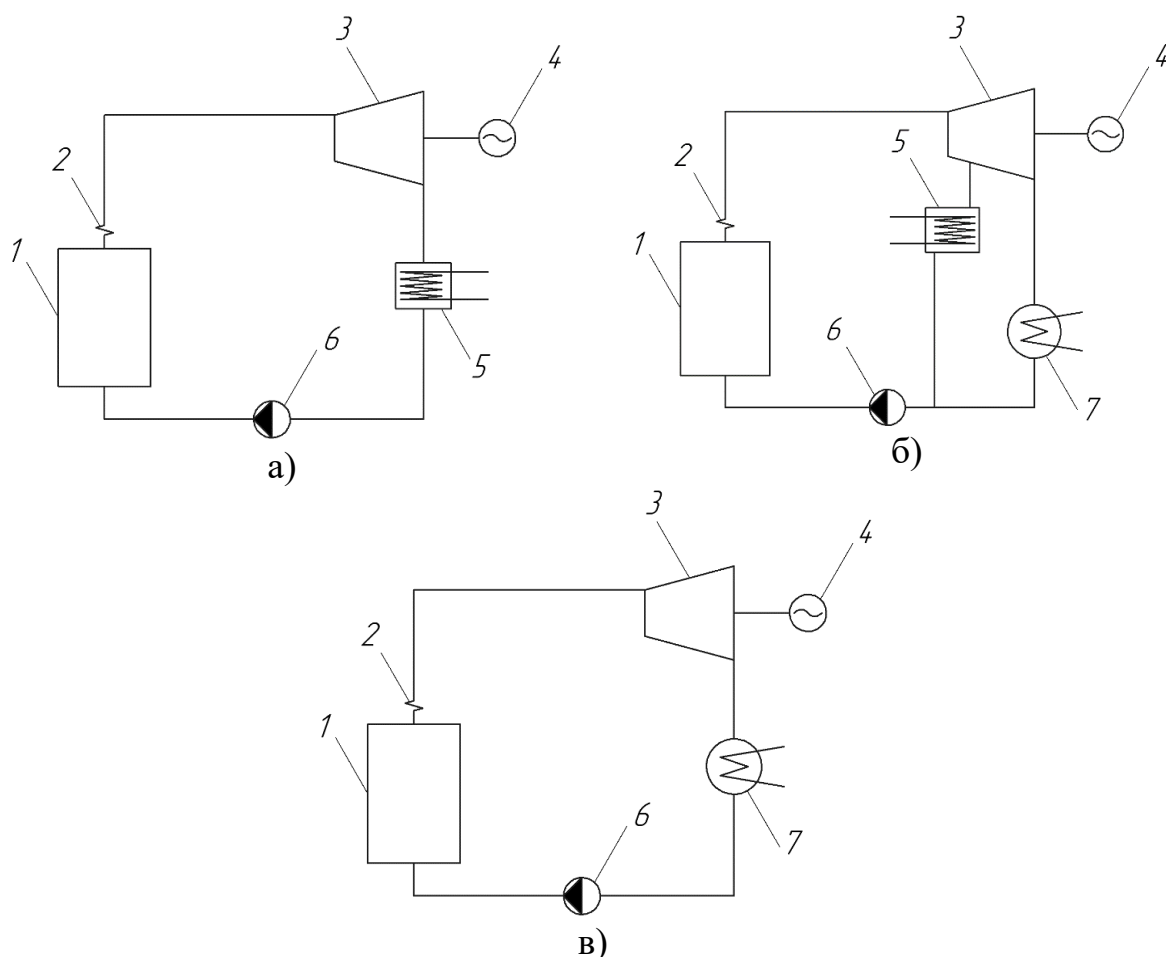
Технический прогресс в области совершенствования теплообменных аппаратов направлен на улучшение коэффициента теплопередачи, снижение гидравлического сопротивления, массогабаритных параметров, стоимости, а также увеличение

массогабаритных параметров, стоимости, а также увеличение коррозионной стойкости, межремонтного интервала и стойкости к загрязнению. Улучшение некоторых из этих характеристик, как правило, приводит к ухудшению прочих, например, увеличение скорости движения теплоносителя внутри теплообменника приводит к росту коэффициента теплопередачи аппарата и снижению скорости загрязнения поверхности теплообмена, однако вместе с тем увеличивается гидравлическое сопротивление теплообменника. Альтернативным способом увеличения коэффициента теплопередачи является перевод процесса конденсации из пленочного режима в капельный. В настоящей статье рассматривается вопрос необходимости дифференцированного подхода к разработке технологии, направленной на обеспечение капельного режима конденсации пара на поверхности теплообмена конденсаторов котельных, ТЭЦ и ТЭС.

Подавляющее большинство теплообменников в настоящее время эксплуатируется в режиме пленочной конденсации. При этом водяная пленка, которая постоянно присутствует на поверхности теплообмена, обладает значительным термическим сопротивлением и ухудшает условия теплообмена. Согласно многочисленным экспериментальным данным, коэффициент теплоотдачи при капельной конденсации выше, чем при пленочной в 8–15 раз [1]. Так как поверхность металлов и сплавов является в обычных условиях гидрофильной, то для перевода процесса конденсации в капельный режим необходимо каким-то образом придать поверхности гидрофобные свойства. Начиная с 50-х годов XX века исследователи пытались наносить жидкие вещества (керосин, различные жиры и т. д.) на поверхность теплообмена или добавлять их пар. Однако быстро выяснилось, что эти вещества плохо удерживаются на поверхности и приводят к загрязнению конденсата. С развитием химической технологии стали применяться вещества, которые формируют твердое водоотталкивающее покрытие. Несмотря на то, что даже лучшие из таких покрытий пока еще не обладают достаточной устойчивостью к механическим воздействиям, либо не

позволяют добиться приемлемых объемов и стоимости производства, некоторые перспективные способы гидрофобизации поверхности, такие как микротекстурирование поверхности с созданием многомодального рельефа [2–4], могут найти применение в промышленных конденсаторах.

К основным типам тепловых источников энергии, работающих на ископаемом топливе и имеющих в своем составе теплообменники-конденсаторы, относятся: котельные, вырабатывающие только теплоту; ТЭЦ, вырабатывающие теплоту и электроэнергию; ТЭС, вырабатывающие только электроэнергию. На рисунке приведены принципиальные схемы этих объектов.



Принципиальные схемы: а) котельной с небольшой турбиной вместо РОУ;
б) ТЭЦ; в) ТЭС:

1 – котельный агрегат; 2 – пароперегреватель; 3 – паровая турбина;
4 – электрогенератор; 5 – сетевой подогреватель; 6 – питательный насос;
7 – конденсатор

Гидрофобизация поверхности теплообмена обладает различным экономическим эффектом для каждого из этих объектов, например, в работе [5] произведена экономическая оценка для конденсатора КЦС-1(3) паровой турбины К-300-240 ЛМЗ, в результате было установлено, что из-за углубления вакуума в конденсаторе, произойдет увеличение мощности турбины, при этом экономический эффект составит 148,72 млн руб. в год. Кроме того, по произведенной оценке, предельная стоимость гидрофобизации 1 м² поверхности конденсатора не может быть выше, чем 3,9 тыс. руб.

При аналогичной оценке [6], произведенной для котельной с турбиной противодавления малой мощности и пароводяным теплообменником типа ПП, экономический эффект от замены его менее мощной моделью (функционирующей в режиме капельной конденсации) составит порядка 115 тыс. руб. на каждый теплообменник, при этом предельная экономически целесообразная стоимость гидрофобизации составит уже не более 0,27 тыс. руб. за 1 м², что является намного более жестким требованием.

Таким образом, становится очевидным, что технология гидрофобизации (или даже спектр технологий) должна быть изначально нацелена на конкретное применение – для теплообменников необходима наименее затратная реализация, а для конденсаторов турбин – более совершенная, но и более дорогостоящая. При поисковых исследованиях, направленных на подготовку к разработке промышленно применимой технологии гидрофобизации поверхности теплообменников, следует уделять особое внимание стоимости единицы площади получаемой поверхности.

Список использованных источников

1. Исаченко В. П. Теплообмен при конденсации. М. : Энергия, 1977. 240 с.
2. Vorobyev A. Y., Guo C. Multifunctional surfaces produced by femtosecond laser pulses // Journal of Applied Physics. 2015. V. 117. P. 033103. DOI: 10.1063/1.4905616.

3. Liu T., Kim C. J. Turning a surface super-repellent even to completely wetting liquids // *Science*. 2014. Vol. 346, Issue 6213. P. 1096–1100. DOI: 10.1126/science.1254787
4. Ta D. V., Dunn A., Wasley T. J., Kay R. W., Stringer J., Smith P. J., Connaughton C., Shephard J. D. Nanosecond laser textured superhydrophobic metallic surfaces and their chemical sensing applications // *Applied Surface Science*. 2015. Vol. 357. P. 248–254. DOI: 10.1016/j.apsusc.2016.04.056.
5. Самсонова Н. А. Оценка перспективности применения супергидрофобных поверхностей теплообмена в конденсаторах паровых турбин // Сборник докладов VII Всероссийского фестиваля науки в 2 т. (Нижний Новгород, 4–5 октября 2017 г.). Нижний Новгород : ННГАСУ, 2017. Т. 1. С. 299–303.
6. Самсонова Н. А. Экономические параметры технологии гидрофобизации поверхностей промышленных теплообменников // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти профессора Данилова Н. И. (1945–2015) – Даниловских чтений (Екатеринбург, 11–15 декабря 2017 г.). Екатеринбург : УрФУ, 2017. С. 595–600.